

Alexi Markku

# Suunnitteluohje ilmanvaihtokonehuoneiden tilavarauksille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

10.4.2018

Tekijä Otsikko	Aleksi Markku Suunnitteluohje ilmanvaihtokonehuoneiden tilavarauksille
Sivumäärä Aika	26 sivua 10.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	ryhmäpäällikkö Jaakko Raikaa lehtori Seppo Innanen
<p>Insinööritöön tarkoituksena oli luoda työkalu ilmanvaihtokonehuoneen tilavarauksien määrittämiseen. Työssä keskityttiin ilmanvaihtokoneiden ja niiden kanavointien sekä huoltoalojen vaatimiin tilavarauksiin. Tavoitteena oli luoda työkalu, jonka avulla pystytään tarkastelemaan tietyn tyyppisten ilmanvaihtokoneiden sopivuutta ilmanvaihtokonehuoneen pohjaratkaisuun.</p> <p>Insinööritöy pohjautuu pääasiassa eri ilmanvaihtokonevalmistajien mitoitusohjelmilla mitoitettuihin ilmanvaihtokoneisiin ja näiden mitoitettujen koneiden pohjalta luotuun mallitiedostoon. Tarkoituksena oli luoda mallikirjasto erikokoisille ja eri komponenteilla varustetuille ilmanvaihtokoneille ja niiden tilavarauksille. Tähän käytettiin eri valmistajien mitoitusohjelmia, joista kaikista mitoitettiin ilmanvaihtokoneita samoilla lähtöarvoilla, jolloin päästiin käsi kyseisen konetyypin keskimääräiseen tilavaraukseen.</p> <p>Lisäksi mitoitettujen ilmanvaihtokoneiden tilantarpeiden perusteella luotiin Excel-työkalu, jonka avulla pystytään tarkastelemaan kaikkien mitoitettujen koneiden tilavarauksia ja laskemaan ilmanvaihtokoneiden tilavaraukset yleisimmille ilmanvaihtokonehuoneiden pohjaratkaisuille. Työssä käydään myös läpi ilmanvaihtokoneiden mitoittamiseen liittyviä energiamääräyksiä sekä yleisellä tasolla ilmanvaihtokoneen komponentteja ja ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitettavia laitteita.</p> <p>Työkalua ei ole vielä käytetty toteutuneessa projektissa, jonka vuoksi sen käytettävyydestä ja toimivuudesta ei ole kokemuksia. Työkalua tulisi kehittää tulevaisuudessa käyttökokeiden perusteella.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, ilmanvaihtokone, ilmanvaihtokonehuone, tilavaraukset

Author Title	Aleksi Markku Manual for space reservations in ventilation machine rooms
Number of Pages Date	26 pages 10 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Designing
Instructors	Jaakko Raikaa, Group Manager Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The purpose of the Bachelor's thesis was to create a tool for helping a HVAC designer to define space reservations for air handling units in a ventilation machine room. The aim was to inspect space reservations for air ducts and maintenance areas for different air handling units.</p> <p>The final year project started with the sizing of air handling units with the sizing programs of various manufacturers. The sized 3D models of the units were then gathered in a single file. After that, the space reservations for air ducts and maintenance areas were added to the units. The dimension information of the sized air handling units and their space reservations were transferred to an application that can be used to calculate the space reservations for an air handling unit in most common ventilation machine room layouts.</p> <p>The result on the thesis was a file that includes several different sized air handling units and their space reservations. These 3D blocks can be used when designing the layout of a ventilation machine room. Furthermore, the data of the sized units was used to create an application. The tools are not yet tested in a real-life project, so their usability is not validated.</p>	
Keywords	space reservation, air handling unit, ventilation machine room

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ilmanvaihtokone	2
2.1	Yleisesti	2
2.2	Suunnitteluohjeet ja vuonna 2018 kiristyneet energiamääräykset	2
2.3	Lämmöntalteenottojärjestelmät	3
2.3.1	Pyörivä lämmöntalteenotto	3
2.3.2	Nestekiertoinen lämmöntalteenotto	4
2.3.3	Ristivastavirtalämmöntalteenotto	4
2.4	Muut komponentit	4
3	Ilmanvaihtokonehuone	5
3.1	Yleisesti	5
3.2	Ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitettavat laitteet ja varusteet	6
3.2.1	Kanavoinnit, putkistot ja kuilut	6
3.2.2	Valvonta-alakeskus	7
3.2.3	Sähkökeskus	7
3.2.4	Vedenjäähdytyskone	7
3.2.5	Vesi- ja viemäripisteet	8
3.3	Ilmanvaihtokonehuoneen tilavaraukset tulevaisuuteen	8
4	Mallinnustiedosto	8
4.1	Ilmanvaihtokoneet	8
4.1.1	Kanavoinnit	10
4.1.2	Huoltoalat	11
4.2	Vedenjäähdytyskoneet	14
5	Mitoitustyökalu	14
6	Esimerkkikohteet	16
6.1	Esimerkkikohde 1, Excel-laskurin käyttö konehuoneen mitoituksessa	16
6.2	Esimerkkikohde 2, Mallinnettujen ilmanvaihtokoneiden hyödyntäminen suunnittelussa	19
7	Yhteenveto	24



## Lyhenteet

3D-malli	Kolmiulotteisesti luotu malli
DWG	Drawing, CAD-suunnitteluohjelmistoissa käytettävä tiedostomuoto
IV	Ilmanvaihto
IVKH	Ilmanvaihtokonehuone
LTO	Lämmöntalteenotto
RH	Relative humidity, suhteellinen kosteus
SFP-luku	Specific Fan Power, puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)
SFP <sub>int</sub> -luku	Internal specific fan power, ilmanvaihtokomponenttien sisäinen ominaissähköteho
VAK	Valvonta-alakeskus
VJK	Vedenjäähdytyskone

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena oli luoda Granlund Oy:lle suunnitteluohje ilmanvaihtokonehuoneiden tilavarauksien määrittämiseen. Ohjeen on tarkoitus auttaa suunnittelun alkuvaiheessa, kun toteutussuunnittelua ei ole aloitettu mutta ilmanvaihtokonehuoneelle täytyy määritellä tilavaraus. Työssä keskityttiin erikokoisten ja erilaisilla komponenteilla varustettujen ilmanvaihtokoneiden tilavarauksiin.

Suunnittelun alkuvaiheessa lähtötiedot ovat yleensä hyvin vähäisiä tai niitä ei ole ollenkaan. Kuitenkin tilavaraukset olisi hyvä mitoittaa mahdollisimman tarkasti oikeaan koon ja muotoon, jotta tilankäyttö olisi tehokasta. Suunnittelun alkuvaiheessa on parempi mitoittaa hieman yli lasketun tarpeen, koska monesti tilaa on helpompi pienentää kuin todeta tilan olevan liian pieni ja etsiä laajennusmahdollisuuksia. Ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitetaan myös muita taloteknisiä laitteita, jotka tulee ottaa huomioon tilavarauksia tehdessä.

Ilmanvaihtojärjestelmien tilavarausohjeita on tehty aiemminkin, mutta ilmanvaihtokonehuoneiden osalta ne ovat keskittyneet lähinnä pinta-alan neliömetrimäärän määrittämiseen. Tässä työssä pyrittiin luomaan apuvälineitä ilmanvaihtokonehuoneen pohjaratkaisun tarkasteluun ja määrittämiseen erityyppisten ilmanvaihtokoneiden mallinnusten avulla.

Insinööriyössä luotiin tämän ohjeen lisäksi kaksiosainen työkalu ilmanvaihtokonehuoneen tilanvarauksen suunnittelun avuksi.

Ensimmäisessä osassa mallinnettiin kolmen eri ilmanvaihtokonevalmistajan mitoitusohjelmien avulla 3D-malleja koneista ja nämä mallit kasattiin yhteen dwg-tiedostoon. AutoCAD-pohjaisella MagiCAD-ohjelmistolla ilmanvaihtokoneille mallinnettiin ilmanvaihtokanavat, jolloin saatiin selville kanavointien vaatima pinta-ala. Lisäksi koneille piirrettiin määräyksien vaatimat huoltoalat. Tätä voidaan hyödyntää ilmanvaihtokonehuoneen pohjaratkaisua suunniteltaessa.

Työkalun toisessa osassa luotiin Excel-laskuri, johon tuotiin kaikkien mitoitetettujen koneiden ja niiden kanavointien ja huollon vaatimat pinta-alat ja mitat. Näiden tietojen avulla pystytään määrittämään ilmanvaihtokonehuoneen mitat yleisimmille ilmanvaihtokonehuoneiden pohjaratkaisuille.

## 2 Ilmanvaihtokone

### 2.1 Yleisesti

Ilmanvaihtokoneen tehtävä on luoda rakennuksen sisälle terveellinen ja turvallinen sekä käyttötarkoitusta palveleva sisäilmasto. Energiamääräysten kiristyessä rakennusten vaipan eristävyys ja tiiviys ovat lisääntyneet, jolloin sisäilmaston olosuhteet ja oikeanlainen mitoitus tulevat yhä tärkeämmäksi rakennuksen toimivuuden ja elinkaaren kannalta.

Ilmanvaihtokone voi palvella koko rakennusta, yhtä aluetta tai jotain tiettyä järjestelmää. Ilmanvaihtokone ja sen komponentit suunnitellaan vastaamaan sen palvelevan palvelualueen mukaisia vaatimuksia.

Ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitettavat koneet ovat yleensä paketti- tai palakoneita. Pakettikoneet toimitetaan kohteeseen yhtenä pakettina, ja ne ovat yleisempiä uudiskohteissa. Palakoneet toimitetaan kohteeseen osissa ja kone kasataan ilmanvaihtokonehuoneessa. Nämä ovat yleisempiä saneeraushankkeissa, joihin pakettikoneiden toimitus on usein hankalaa tai mahdotonta.

### 2.2 Suunnitteluohjeet ja vuonna 2018 kiristyneet energiamääräykset

1.1.2018 vaatimukset ilmanvaihtokoneiden ominaissähkötehoista (SFP-luku) ovat kiristyneet. SFP-lukua voidaan tarkastella kahdella tavalla, ja molemmille on omat vaatimukset. Ensimmäinen on koko ilmanvaihtojärjestelmää koskeva SFP-luku, jossa laskentaan huomioidaan ilmanvaihtokone kaikkine varusteineen sekä kanavistojen painehäviö. Tässä uusi maksimiarvo on  $1,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  (1, s. 14). Toinen tapa on tarkastella ainoastaan ilmanvaihtokonetta, jossa on vain välttämättömät varusteet eli puhaltimet, suodattimet ja lämmöntalteenottojärjestelmä. Tämä tapa merkitään  $\text{SFP}_{\text{int}}$ -luvulla. Vuoden 2018 alusta lähtien  $\text{SFP}_{\text{int}}$ -luvun maksimiarvot ovat nestekiertoisella lämmöntalteenottojärjestelmillä varustetuilla ilmanvaihtokoneilla  $1,3 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  ja muilla lämmöntalteenottojärjestelmillä varustetuilla ilmanvaihtokoneilla  $0,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  (11, s. 4).

Vuoden 2018 alussa on tullut voimaan myös asetuksen osa, jossa edellytetään kaikkien lämmöntalteenottojärjestelmien lämpötilahyötysuhteeksi 73 %, pois lukien neste-



kiertoiset lämmöntalteenottojärjestelmät. Kaksi-ilmavirtaisten ilmanvaihtokoneiden nestekiertoisen lämmöntalteenottojärjestelmien lämpötilahyötysuhteen on oltava vähintään 68 %. (2, s. 11.)

Lämmöntalteenoton hyötysuhdetta kasvatettaessa on lämmönsiirtymispinta-alaa kasvatettava. Käytännössä tämä tarkoittaa varsinkin nestekiertoisten lämmöntalteenotto-pattereiden kasvattamista, pyörivän lämmöntalteenottokennon kasvattamista ja levylämmönsiirtimen kasvattamista. Lämmöntalteenottojärjestelmien kasvattaminen lisää ilmavirran painehäviötä, joka johtaa suurempien puhaltimien käyttämiseen.

Lämmöntalteenottojärjestelmien kasvun vaikutuksien lisäksi puhallinkokojen kasvamiin vaikuttaa myös vaatimus pienemmästä SFP-luvusta. Yhdessä lämmöntalteenottojärjestelmien ja puhaltimien kokojen suurentuminen vaikuttaa suoraan ilmanvaihtokoneiden kokoon ja näin myös tilavaraukseen.

Energiamääräyksien lisäksi ilmanvaihtokonetta mitoittaessa tulee myös huomioida tilaajan vaatimukset. Esimerkiksi Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamisohjeessa (12, s. 10) annetaan maksimiarvoiksi ilmanvaihtokoneiden otsapintanopeuksille uudiskohteisiin 1,6 m/s ja korjauskohteisiin 2,0 m/s.

## 2.3 Lämmöntalteenottojärjestelmät

Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottojärjestelmällä otetaan lämpimän ja kostean poistoilman lämpöenergiaa talteen siirtämällä sitä kylmään tuloilmaan. Lämmöntalteenottojärjestelmät voidaan jakaa regeneratiivisiin ja rekuperatiivisiin lämmönsiirtimiin. Regeneratiivisissä lämmönsiirtimissä tulo- ja poistoilma voivat sekoittua sekä poistoilman kosteutta voi siirtyä tuloilmaan, tästä esimerkkinä pyörivä lämmöntalteenotto. Rekuperatiivisissä lämmönsiirtimissä tulo- ja poistoilma eivät sekoitu keskenään, eikä näin ollen kosteuskaan siirry ilmavirtojen välillä. Näitä LTO-laitteita ovat nestekiertoiset lämmönsiirtimet ja levylämmönsiirtimet.

### 2.3.1 Pyörivä lämmöntalteenotto

Pyörivä lämmöntalteenotto on pyöreä kenno, jonka toinen puoli on tuloilman puolella ja toinen poistoilman puolella. Poistoilman lämpö varastoituu kennostoon ja pyöriessään kennosto luovuttaa lämpöä tuloilmaan.

Pyörivä lämmöntalteenotto vaatii sen, että tulo- ja poistoilmakoneet ovat päällekkäin, koska molemmat ilmavirrat menevät saman kennon läpi.

### 2.3.2 Nestekiertoinen lämmöntalteenotto

Nestekiertoisessa lämmöntalteenotossa tulo- sekä poistopuolella on nestepatterit. Pumppu pumppaa vesi-glykoliseosta pattereiden välillä ja 3-tiemoottoriventtiili säätelee nesteen virtaamista pattereiden välillä. Seos lämpenee poistopuolella ja luovuttaa lämpöä tulopuolella. On olemassa myös ratkaisuja, joissa nestekiertoiseen lämmöntalteenottoon on yhdistetty lämmitys- ja jäähdytysominaisuudet, joka pienentää tilantarvetta.

Nestekiertoista lämmöntalteenottoa käytettäessä tulo- ja poistoilmakoneet voivat olla kaukanakin toisistaan, joka esimerkiksi saneerauskohteissa saattaa olla syy sen valintaan.

### 2.3.3 Ristivastavirtalämmöntalteenotto

Ristivastavirtalämmönsiirrin on ilmanvaihtokoneessa oleva laatikko, joka on tiheästi levytetty. Levyjen välissä joka toisessa välissä kulkee poistoilma ja joka toisessa tuloilma. Ilmavirrat virtaavat vastakkaisin suuntiin, ja lämpö siirtyy levyjen läpi poistoilmasta tuloilmaan. Ristivastavirtalämmöntalteenottoa käytettäessä ilmanvaihtokoneeseen voidaan lisätä sähkökäyttöinen esilämmityspatteri. Esilämmityspatteri lämmittää ulkoilmaa ennen lämmöntalteenottolaitetta. Tämän avulla lämmönsiirtimen huurtumista pystytään estämään.

Ristivastavirta lämmönsiirrin vaatii sen, että tulo- ja poistoilmakoneet ovat päällekkäin, koska molemmat ilmavirrat menevät saman levysiirtimen läpi.

## 2.4 Muut komponentit

Ilmanvaihtokoneessa ovat virtaussuunnassa ensimmäisenä sulkupellit poisto- ja ulkoilman lähdoissä. Tällöin voidaan tarvittaessa pysäyttää ilman virtaaminen koneen läpi.

Sulkupeltien jälkeen ovat suodattimet. Suodattimet ovat raitis- ja poistoilmapuolella ja niiden tehtävä on puhdistaa koneeseen tulevat ilmavirrat epäpuhtauksista, jolloin kone pysyy puhtaana ja toimintavarmuus kasvaa. Suodatinluokka määräytyy ulkoilman puhtauden ja halutun tuloilman puhtauden mukaan. Suodatinluokan valinta vaikuttaa myös ilmansuodattimen painehäviöön, jonka vaikutukset tulee huomioida puhaltimen valinnassa.

Tulo- ja poistopuolella on molemmilla omat puhaltimet. Ne liikuttavat ilmaa koneen läpi ja luovat ylipaineen tuloilmanakanavistoon sekä alipaineen poistoilmanakanavistoon, jolloin ilmaa pystytään liikuttamaan halutulla tavalla. Vanhoissa kiinteistöissä voi olla vielä käytössä vakioilmavirtaisia puhaltimia, mutta saneerausten yhteydessä näihin usein lisätään taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajan avulla puhaltimen tuottamaa ilmavirtaa tai paine-eroa pystytään säätämään jatkuvasti tarpeen mukaisesti. Uusiin ilmanvaihtokoneisiin käytetään EC-moottoreita, jonka avulla pystytään säätämään puhaltimen pyörimisnopeutta portaattomasti.

Tuloilmapuolella lämmöntalteenoton jälkeen sijaitsee lämmitys- ja jäähdytyspatterit. Näillä saadaan tuloilma haluttuun lämpötilaan kesällä ja talvella. Pattereiden yhteydessä on tarvittaessa ilman kostutin ja/tai kuivain, mikäli tuloilman kosteus täytyy pitää ennalta määritellyissä lukemissa. Ristivastavirtalämmöntalteenottoa käytettäessä ennen lämmönsiirintä voi olla esilämmityspatteri, joka lämmittää ulkoilmaa estäen lämmönsiirtimen huurtumisen.

Äänenvaimentimia lisätään ilmanvaihtokoneeseen kohteen vaatimusten mukaisesti. Äänenvaimentimia voidaan lisätä ilmanvaihtokoneeseen jokaiseen kanavalähtöön, usein myös erikokoisina vaihtoehtoina. Äänenvaimentimet voidaan myös asentaa kanavaan, mikäli esimerkiksi halutaan pitää ilmanvaihtokoneen koko mahdollisimman pienenä.

### **3 Ilmanvaihtokonehuone**

#### **3.1 Yleisesti**

Ilmanvaihtokonehuoneessa sijaitsee joko koko rakennusta tai jotain sen osaa palvelevia ilmanvaihtokoneita. Pienissä rakennuksissa voi olla vain yksi ilmanvaihtokone. Il-

manvaihtokonehuoneeseen sijoitetaan myös muita taloteknisiä laitteita, jotka tulee ottaa huomioon tilavarauksia tehdessä.

Ilmanvaihtokonehuoneet sijoitetaan yleensä rakennuksen ylimpiin kerroksiin tai vesikatolle. Tällöin voidaan helposti toteuttaa kanavoinnit määräysten mukaisesti. Jäteilma tulee johtaa rakennuksesta ulos siten, ettei rakennukselle, ympäristölle tai niiden käyttäjille aiheudu terveellistä tai muuta haittaa (9, s. 29). Ulkoilman oton rakennuksen seinältä tulee sijaita vähintään 2 metrin korkeudessa maanpinnasta tai katutasosta (9, s. 31).

Aina ei ole mahdollista sijoittaa ilmanvaihtokonehuonetta katolle joko rakenteellisista tai asemakaavan vaatimuksien mukaisista syistä. Tapauskohtaisesti saneerauskohteissa ilmanvaihtokonehuoneelle joudutaan etsimään vaihtoehtoinen paikka rakennuksen sisältä, jos vanha tila jää liian pieneksi, esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden koon kasvamisen seurauksena tai niiden määrän lisääntyttyä. Tällöin ilmanvaihtokonehuone sijoitetaan mahdollisimman optimaaliseen paikkaan kanavointeja ja tilavarauksia ajatellen.

Ilmanvaihtokonehuonetta suunniteltaessa on myös huomioitava ilmanvaihtokoneiden ja muiden suurien laitteiden haalausreitit, eli reitti, jota pitkin ilmanvaihtokoneet tai niiden osat kuljetetaan niiden sijoituspaikkaan. Lisäksi tulee myös huomioida laitteiden huoltoalat sekä tulevaisuuden saneeraukset, jotta laitteet pystytään uusimaan. Nämä on huomioitava jo suunnittelun alkuvaiheesta asti.

### 3.2 Ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitettavat laitteet ja varusteet

#### 3.2.1 Kanavoinnit, putkistot ja kuilut

Ilmanvaihtokoneiden kanavointien vaatima tila ilmanvaihtokonehuoneessa voi vaihdella paljonkin rakennusten välillä. Kanavointien ja kuilujen tilavarauksiin vaikuttavat ilmanvaihtokoneiden sijainnit konehuoneessa, palvelualojen sijainnit ja ilmanvaihtokonehuoneen pohjaratkaisu sekä mahdollisesti siellä sijaitsevat pilarit, palkit ja muut rakenteet. Lisäksi täytyy huomioida raitisilmasäleikön sijainti ja jäteilman ulospuhallus. Näiden minimietäisyys toisistaan riippuu jäteilman likaisuusluokasta ja päätelaitteiden korkeuserosta (9, s. 31). Kanavointeihin voidaan myös laskea raitisilmakammiot sekä säätö- ja palopellit, joille täytyy varata tilaa huollolle ja säätämiseksi.

Monesti kanavointien lisäksi ilmanvaihtokonehuoneessa sijaitsee myös eri järjestelmien putkistoja. Näitä ovat vesi- ja viemärijärjestelmät sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät. Tyypillisesti ilmanvaihtokoneessa on lämmitys- ja jäähdytyspatteri. Pattereiden putkitukset ja pumppuryhmät sijaitsevat ilmanvaihtokoneelle varatulla huoltoalalla, jolloin ne eivät vaadi erillistä tilavarausta.

Putkistojen määrä ilmanvaihtokonehuoneessa on täysin kohteesta riippuvaa. Näiden tilavarausta ei yleensä oteta huomioon, ellei niiden määrä ole poikkeuksellisen suuri.

### 3.2.2 Valvonta-alakeskus

Yleensä ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitetaan VAK eli automaatiojärjestelmän valvonta-alakeskus. Tämä on tietokone, johon on asennettu ohjelmisto, jolla voidaan valvoa kiinteistön taloteknisiä järjestelmiä. Valvonta-alakeskuksen tilavaraus on noin 2–3 m<sup>2</sup>.

### 3.2.3 Sähkökeskus

Ilmanvaihtokoneet kuluttavat paljon sähköä, minkä vuoksi ilmanvaihtokonehuoneeseen voidaan sijoittaa useita sähkökeskuksia. Sähkökeskuksiin on päästävä tekemään huoltotoimenpiteitä, ja olisi suotavaa jättää laajennusvaraa, jos esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden määrä tulevaisuudessa kasvaa ja sähkökeskuksia on samalla lisättävä.

Lisäksi puhaltimien taajuusmuuttajien tilavaraukset tulisi huomioida. Yleensä taajuusmuuttajat sijoitetaan ilmanvaihtokoneen läheisyyteen vapaalle seinätilalle tai tarvittaessa niille voidaan rakentaa oma kehikko.

### 3.2.4 Vedenjäähdytyskone

Vedenjäähdytyskone sijoitetaan yleensä kiinteistössä ilmanvaihtokonehuoneeseen. Tämä on huomioitava suunnittelun alkuvaiheesta asti, sillä tilavaraus on huomattava. Lisäksi on huomioitava, että jos vedenjäähdytysyksikön yhteyteen tulee erillinen vesivaraaja, täytyy sille myös varata oma tila.

### 3.2.5 Vesi- ja viemäripisteet

Ilmanvaihtokonehuone kehoitetaan varustamaan vesipisteellä ja tasapohja-altaalla (9, s. 49).

Mikäli tuloilmakone on yhdistetty putkistoon, jossa liikkuu nestettä, on tilassa estettävä mahdollisen vuotoveden joutuminen rakenteisiin (3, s. 20). Käytännössä tämä toteutetaan sijoittamalla ilmanvaihtokonehuoneeseen lattiakaivo. Yleensä kaivoihin johdetaan myös ilmanvaihtokoneiden kondenssivedet sekä raitisilmakammioihin tai -kanaviin joutuvat sade- ja sulamisvedet.

### 3.3 Ilmanvaihtokonehuoneen tilavaraukset tulevaisuuteen

Ilmanvaihtokonehuoneen tilavarauksia suunniteltaessa tulee huomioida tulevaisuuden mahdolliset saneeraukset ja/tai laajennukset. Uuden rakennuksen käyttöikä on vähintään 50 vuotta, minä aikana tapahtuvat muutokset, esimerkiksi tilojen käyttötarkoituksessa, vaikuttavat tilojen ilmavirtoihin ja sitä kautta myös ilmanvaihtokoneisiin ja niiden kokoihin. Tämän vuoksi ilmanvaihtokoneita ei tulisi mitoittaa juuri suunnitelluille ilmavirroille, vaan jättää kapasiteettia myös tulevaisuuteen.

Tulevaisuuden energiamääräysten tiukentuminen voi johtaa ilmanvaihtokoneiden kokojen kasvamiseen sekä ilmanvaihdon vaikutusalueiden pientymisestä johtuvaan koneiden kokojen pientymiseen mutta määrän lisääntymiseen. Tällöin myös ilmanvaihtojärjestelmiä saneerattaessa tilantarve kasvaa. Tämä tulee huomioida suunnittelussa siten, että mikäli mahdollista, konehuoneeseen varataan tilaa suuremmille koneille kuin sinne kyseisessä tilanteessa tulee. Lisäksi mahdollisuuksien mukaan tulisi varata tilaa myös uusille ilmanvaihtokoneille.

## 4 Mallinnustiedosto

### 4.1 Ilmanvaihtokoneet

Tässä insinööriyössä keskityttiin pakettikoneiden mitoittamiseen ja tilavarauksiin. Pakettikoneet ovat erillisistä moduuleista kasattuja ilmanvaihtokoneita. Pakettikoneet kuljete-

taan ilmanvaihtokonehuoneeseen yhtenä pakettina. Konetyyppejä valitessa pyrittiin valitsemaan mahdollisimman yleiset koneet tilavarausta ajatellen.

Ilmanvaihtokoneiden mitoitukseen käytettiin Fläkt Woodsin Acon-ohjelmaa, Swegonin ProUnit-ohjelmaa ja RecAirin mitoitusohjelmaa. Eri valmistajien koneita mitoittamalla pystyi vertailemaan koneiden kokoja niiden kesken.

Jokaisen valmistajan ohjelmistolla mitoitettiin ilmavirroiltaan 0,5 m<sup>3</sup>/s, 1 m<sup>3</sup>/s, 2 m<sup>3</sup>/s, 3 m<sup>3</sup>/s, 4 m<sup>3</sup>/s ja 5 m<sup>3</sup>/s tulo- sekä poistoilmavirtaisia koneita. Jokaisen valmistajan kaikki eri ilmavirrat mitoitettiin myös erilaisilla lämmöntalteenottojärjestelmillä. Nämä olivat pyörivä lämmöntalteenotto, nestekiertoinen lämmöntalteenotto ja ristivastavirta-lämmöntalteenotto. Jokaisen valmistajan kaikkia konetyyppejä ei ollut mahdollista mitoittaa joko puuttuvien konekokojen vuoksi, tai koska kaikki eivät täyttäneet vuoden 2018 alussa kiristyneitä energiamääräyksiä.

Konekokoja valittaessa huomioitiin, että ominaissähköteho (SFP-luku) on alle 1,8 kW/(m<sup>3</sup>/s). Myös lämmöntalteenoton hyötysuhteen tuli täyttää kyseiselle lämmöntalteenottojärjestelmälle vaaditut tasot.

Ilmanvaihtokoneita mitoittaessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman yleisiä lähtötietoja koneen vaatimaa tilanvarausta ajatellen. Koneisiin mitoitettiin lämmöntalteenottolaitteen, puhaltimien ja suodattimien lisäksi lämmitys- ja jäähdytyspatterit sekä äänenvaimentimet. Äänenvaimentimet sijoitettiin koneiden tulo- ja poistoilmapuolelle. Kaikki ilmanvaihtokoneet mitoitettiin taulukon 1 mukaisilla lähtöarvoilla.

Taulukko 1. Ilmanvaihtokoneiden mitoituksessa käytetyt lähtöarvot.

	KESÄ	TALVI	
Ulkolämpötila	24	-26	°C
Ulkoilman kosteus	53	90	% RH
Tuloilman lämpötila	18	18	°C
Tuloilman kosteus	50	40	% RH
Poistoilman lämpötila	25	22	°C
Poistoilman kosteus	55	20	% RH
Ilman tiheys	1,2	1,2	kg/m <sup>3</sup>
Tuloilman painehäviö	250	250	Pa
Poistoilman painehäviö	250	250	Pa
Ulkoilman painehäviö	50	50	Pa
Jäteilman painehäviö	50	50	Pa

Fläkt Woodsin koneisiin mitoitettiin 1 300 mm:n pituiset äänenvaimentimet, kun taas Swegonin ja Recairin koneisiin 1 000 mm pitkät. Tämä johtuu siitä, että valmistajien mitoitusohjelmissa ei ollut yhtä samanpituista äänenvaimenninta. Tästä johtuvat erot tilanvarauksissa ovat kuitenkin hyvin marginaalisia.

Mitoitetuista koneista pystyi valmistajan mitoitusohjelmasta luomaan 3D-mallin ja kaikkien koneiden mallit kasattiin yhteen tiedostoon. Tiedostoon merkittiin myös kyseisen ilmanvaihtokoneen korkeus ja valmistajan malli. Jokaiselle konemallille mallinnettiin myös ilmanvaihtokoneen tulo-, poisto- jäte- ja raitisilmakanavat, tällöin pystyttiin arvioimaan kanavoinnin vaatima tilanvaraus. Mallinnetuille ilmanvaihtokoneille piirrettiin kanavointien sekä huoltoalojen vaatimat pinta-alat.

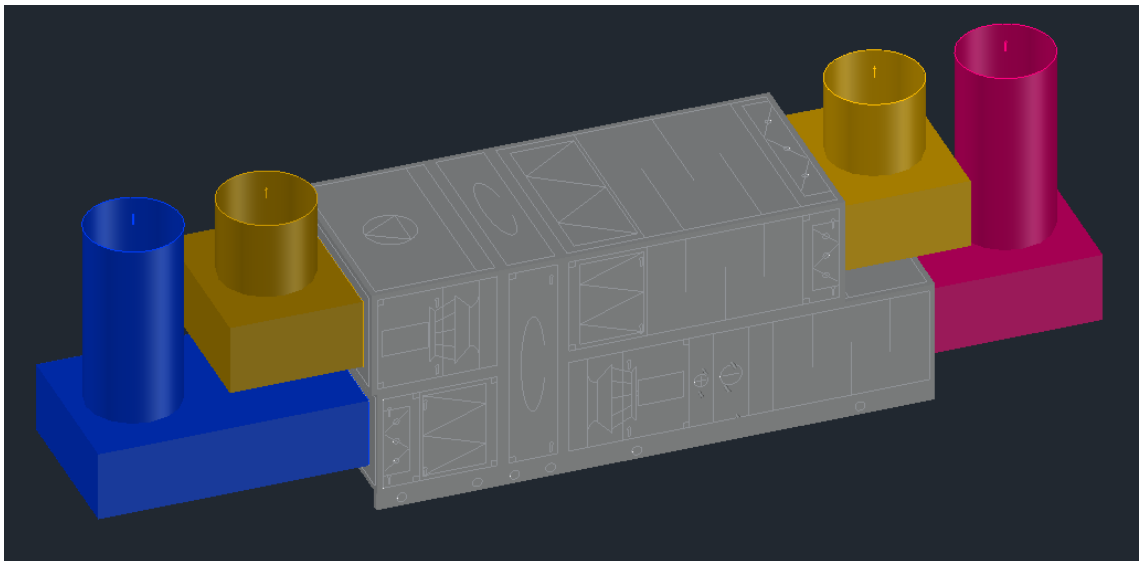
#### 4.1.1 Kanavoinnit

Mitoitetuille ilmanvaihtokoneille mallinnettiin ilmanvaihtokanavat, jotta pystyttiin hahmottamaan kanavointien vaatima pinta-ala. Kanavien lähdöt ilmanvaihtokoneesta mallinnettiin samalla kanavakoolla, kuin koneen kanava-aukko oli. Kanavat nostettiin koneen yläpuolelle. Kanavakoot valittiin siten, ettei ilman virtausnopeus kanavassa nouse yli arvon 5 m/s. Kaikkien ilmanvaihtokoneiden kanavoinnit piirrettiin kuvassa 1 näkyvällä periaatteella.



Yleensä ilmanvaihtokoneen yläpuolelle tulee myös kanavointeja, mutta niitä ei tässä työssä mallinnettu, sillä niiden määrä ovat hyvin paljon kohteesta riippuvia ja ne voidaan toteuttaa useilla erilaisilla ratkaisuilla.

Todellisuudessa kanavoinnit voivat mahtua pienempäänkin tilaan, mutta työssä haluttiin mallintaa eniten tilaa vievä perusratkaisu, jolloin myös muut ratkaisut mahtuvat varattuun tilaan.

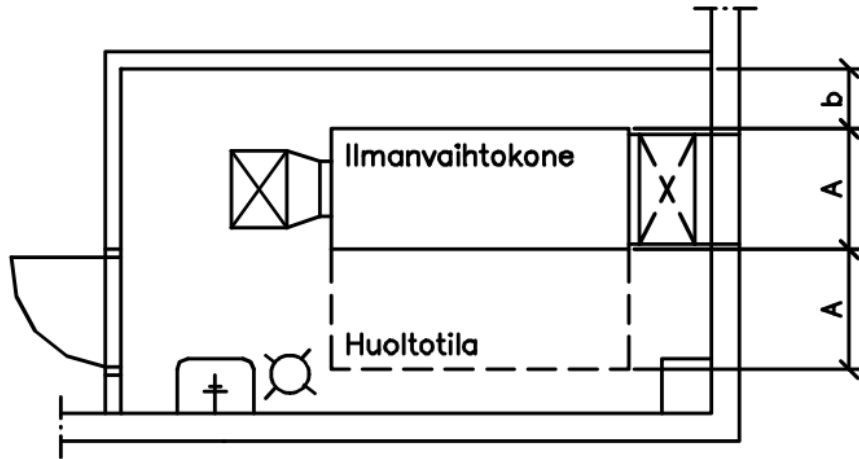


Kuva 1. Fläkt Woodsin Acon-mitoitusohjelmalla mitoitettu eQ-ilmanvaihtokone ja sille mallinnetut kanavoinnit.

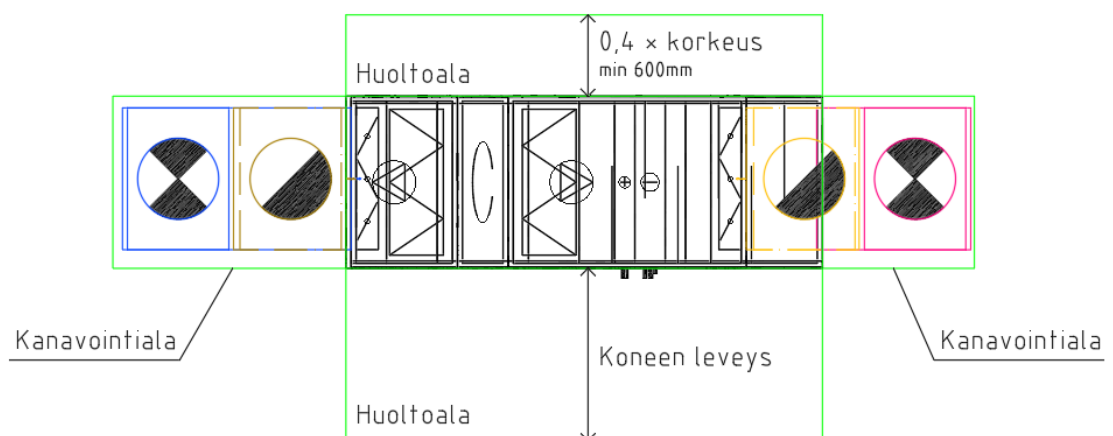
#### 4.1.2 Huoltoalat

Ilmanvaihtokoneelle tulee varata huoltotilaa kuvassa 2 esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Toisella puolella konetta on oltava vähintään koneen levyinen huoltoala. Tällöin koneen komponentteja pystytään vaihtamaan vetämällä vaihdettava komponentti muusta koneesta irti. Kuvassa 3 on esitetty mitoitettu ilmanvaihtokone, johon on mallinnettu ilmanvaihtokanavat ja piirretty tarvittavat tilavaraukset. Ilmanvaihtokoneista ja sen vaatimista tilavarauksista luotiin yksittäinen block-objekti, jolloin sen siirtäminen ja kopiointi tiedostojen välillä helpottuu. Objekteista luotiin taulukko ilmavirtojen, lämmön-

talteenottojärjestelmän ja valmistajien kesken kuvien 4 ja 5 mukaisesti. Jokaisen tilava-  
rausobjektin yhteyteen on merkitty ilmanvaihtokoneen malli ja korkeus.









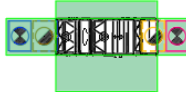

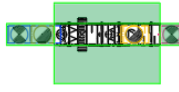
Kuva 2. Ilmanvaihtokoneen huoltotilan vaatimus (9, s. 49). A on ilmanvaihtokoneen leveys ja b on 0,4 kertaa ilmanvaihtokoneen korkeus tai vähintään 600 mm.



Kuva 3. Mitoitettu ilmanvaihtokone, johon on piirretty kanavointien ja huollon vaatimat alat.

	PYÖRIVÄ LTO			NESTE LTO			LEVY LTO			
	FLÄKT WOODS	SWEGON	RECAIR	FLÄKT WOODS	SWEGON	RECAIR	FLÄKT WOODS	SWEGON	RECAIR	
0,5 m <sup>3</sup> /s	eQ 008 h = 1302	GOLD 11 h = 1495	2B h = 1440	eQ 011 h = 1302	GOLD 35 h = 2086	2B h = 1440	eQ 008 h = 1302	GOLD 11 h = 1495	2B h = 1440	0,5 m <sup>3</sup> /s
1 m <sup>3</sup> /s	eQ 014 h = 1702	GOLD 14 h = 1596	3B h = 1740	eQ 020 h = 1962	EI OLE RIITTÄVÄ LTO HYÖTYSUNDE	3C h = 1718	eQ 018 h = 1702	GOLD 14 h = 1596	3B h = 1740	1 m <sup>3</sup> /s
2 m <sup>3</sup> /s	eQ 023 h = 2002	GOLD 35 h = 2086	4B h = 2400	eQ 036 h = 2942	EI OLE RIITTÄVÄ LTO HYÖTYSUNDE	4C h = 2388	eQ 027 h = 2002	EI RITÄ KONEKODIT	4C h = 2388	2 m <sup>3</sup> /s
3 m <sup>3</sup> /s	eQ 041 h = 2392	GOLD 50 h = 2353	4D h = 2388	eQ 050 h = 2402	EI OLE RIITTÄVÄ LTO HYÖTYSUNDE	4E h = 2308	eQ 041 h = 2392	EI RITÄ KONEKODIT	4D h = 2388	3 m <sup>3</sup> /s
4 m <sup>3</sup> /s	eQ 060 h = 2704	GOLD 70 h = 2704	4E h = 2400	eQ 070 h = 2962	EI OLE RIITTÄVÄ LTO HYÖTYSUNDE	5E h = 2388	eQ 050 h = 2392	EI RITÄ KONEKODIT	4E h = 2388	4 m <sup>3</sup> /s
5 m <sup>3</sup> /s	eQ 083 h = 2942	GOLD 100 h = 3040	5E h = 2388	EI PYSTY MITOITTAMAAN	EI OLE RIITTÄVÄ LTO HYÖTYSUNDE	6E h = 2388	eQ 083 h = 2942	EI RITÄ KONEKODIT	5E h = 2388	5 m <sup>3</sup> /s

Kuva 4. Mallinnustiedosto, johon on kerätty eri ilmanvaihtokoneiden tilavarausobjektit.




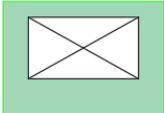
PYÖRIVÄ LTO			
	FLÄKT WOODS	SWEGON	RECAIR
0,5 m <sup>3</sup> /s	eQ 008 h = 1302 	GOLD 11 h = 1495 	2B h = 1440 
1 m <sup>3</sup> /s	eQ 014 h = 1702 	GOLD 14 h = 1596 	3B h = 1740 
2 m <sup>3</sup> /s	eQ 023 h = 2002 	GOLD 35 h = 2086 	4B h = 2400 

Kuva 5. Mallinnustiedoston osa, jossa pyörivällä lämmöntalteenotolla varustetut 0,5–2 m<sup>3</sup>/s ilmavirtaiset tilavarausobjektit.

## 4.2 Vedenjäähdytyskoneet

Mallinnustiedostoon luotiin myös erikokoisia vedenjäähdytyskoneita huoltoaloineen. Tässä käytettiin Chillerin Chillquick-koneiden ulkomittoja ja sen vaatimia huoltoaloja (8, s. 1). Kuvassa 6 nähdään mallinnustiedostoon piirretyt vedenjäähdytyskoneet ja niiden huoltoalat. Chillquick-kylmävesiasemat sisältävät vesivaraajan, jolloin sille ei tarvitse erikseen varata tilaa. Tiedostoon luotujen vedenjäähdytyskoneiden viilennystehot yltävät 350 kW:iin asti.

### CHILLER CHILLQUICK VEDENJÄÄHDYTYSKONE

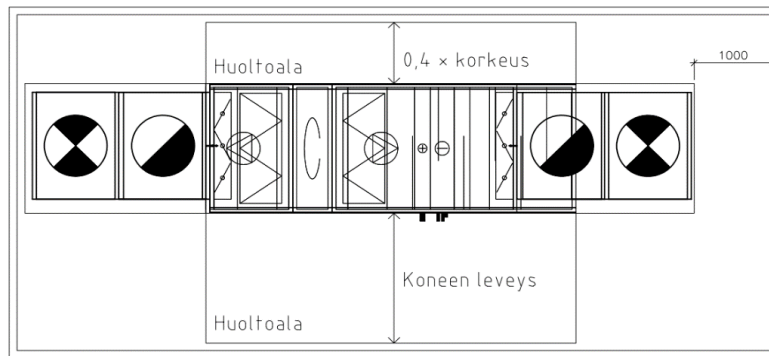
< 42 kW	
40 - 86 kW	
98 kW	
113 - 350 kW	

Kuva 6. Vedenjäähdytyskoneiden tilavarausobjektit

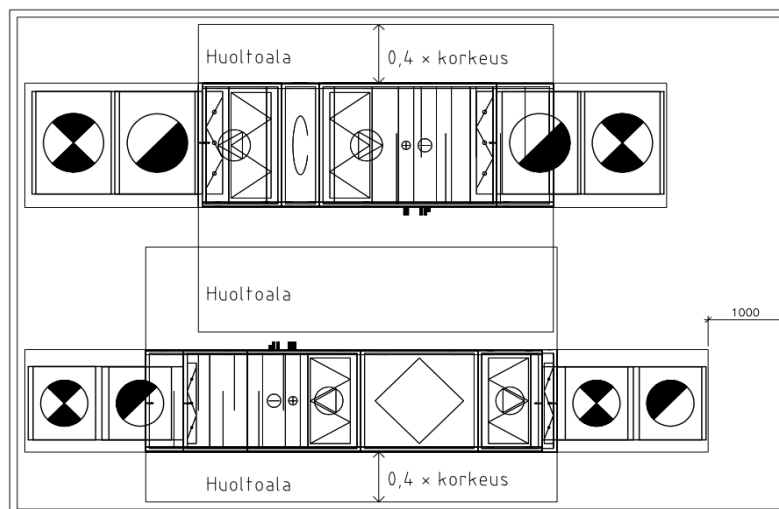
## 5 Mitoitustyökalu

Insinööriyössä luotiin Excel-työkalu mitoitetujen ilmanvaihtokoneiden ja niille mallinnettujen kanavointien avulla. Mallinnustiedostossa selville saadut eri ilmanvaihtokoneiden tilanvarausten mitat tuotiin excel-tiedostoon. Mitoitustyökalulla pystyy laskemaan ilmanvaihtokoneiden vaatimat tilavaraukset kuvissa 7, 8, 9 ja 10 näkyville ilmanvaihto-

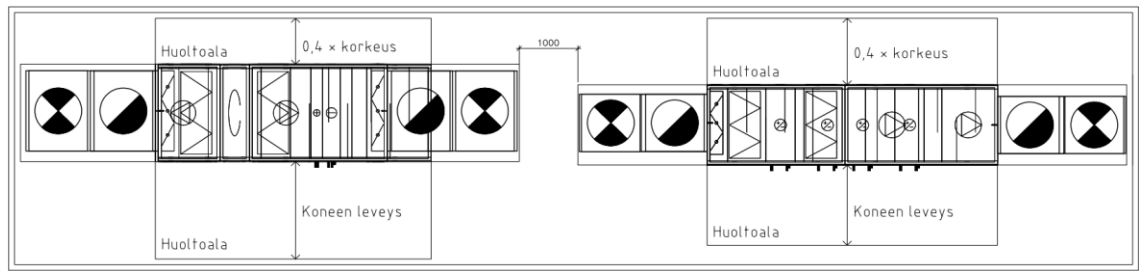
konehuoneiden pohjaratkaisuille. Lisäksi laskurista saadaan valittujen ilmavirtojen perusteella raitisilmasäleikön koko, joka määräytyy säleikön otsapintanopeuden 2 m/s mukaan.



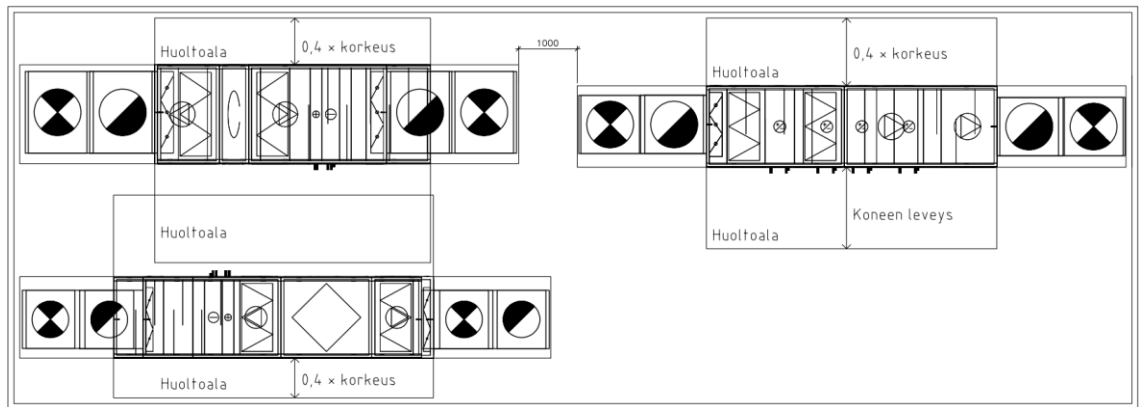
Kuva 7. Ilmanvaihtokonehuoneen pohjaratkaisu 1



Kuva 8. Ilmanvaihtokonehuoneen pohjaratkaisu 2



Kuva 9. Ilmanvaihtokonehuoneen pohjaratkaisu 3



Kuva 10. Ilmanvaihtokoneen pohjaratkaisu 4

Laskuria käytettäessä on muistettava, että se laskee vain ilmanvaihtokoneiden ja niiden vaatimien kanavointien ja huolto-alojen tilavaraukset. Muiden ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitettavien laitteiden tilavaraukset on aina otettava huomioon tapauskohtaisesti.

## 6 Esimerkkikohteet

### 6.1 Esimerkkikohde 1, Excel-laskurin käyttö konehuoneen mitoituksessa

Taulukko 2. Mitoituslaskurin käytön havainnollistamiseksi mitoitetaan esimerkkikohde taulukon 2 mukaisilla lähtötiedoilla.

Taulukko 3. Esimerkkikohteen 1 lähtötiedot mitoittamiseen.

Rakennustyyppi	Toimistorakennus
Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	3700
Sisäilmaluokka	S2

Laskuriin syötetään lähtötiedot sinisiin soluihin. Rakennuksen ilmavirran laskentaa varten tarvitaan rakennuksen pinta-ala ja korkeus sekä ilmanvaihtokerroin tai ilmavirta neliömetriä kohden. Kuvassa 11 nähdään rakennuksen kokonaisilmavirran mitoitus. Laskurin yhteyteen on merkitty asuinrakennuksen minimi ilmanvaihtokerroin sekä toimistorakennuksen sisäilmastoluokituksen mukaiset ilmavirrat. Mitoitusta tehdessä on huomioitava asunnoissa asunto- ja henkilökohtaiset minimi-ilmavirrat sekä toimistorakennuksissa tilakohtaiset minimi-ilmavirrat.

Mitoitusperuste		
Ilmanvaihtokerroin	0,5	1/h
Neliöperusteinen	1,5	l/s/m <sup>2</sup>

Rakennuksen ilmanvaihdon laskenta		
Pinta-ala	3700	m <sup>2</sup>
Huonekorkeus	2,5	m
Mitoitusperuste	Neliöperusteinen	
Kokonaisilmavirta	5,55	m <sup>3</sup> /s

Toimistorakennuksen ilmanvaihto		
Sisäilmastoluokitus	Ilmavirta	
s1	2	l/s/m <sup>2</sup>
s2	1,5	l/s/m <sup>2</sup>
s3	1	l/s/m <sup>2</sup>

Asuinrakennuksen ilmanvaihto		
Minimi ilmanvaihtokerroin		
0,5	1/h	

Kuva 11. Rakennuksen ilmanvaihdon ilmamäärän mitoitus Excel-työkalulla

Lähtötietojen perusteella rakennuksen ilmamääräksi saadaan 5,55 m<sup>3</sup>/s. Ilmanvaihtokoneiden tilavarauksia mitoittaessa täytyy valita ilmanvaihtokoneiden ilmavirrat sekä lämmöntalteenottojärjestelmät kuvan 12 mukaiseen taulukkoon.

Esimerkkikohteeseen valittiin ilmavirralla 4 m<sup>3</sup>/s ja pyörivällä lämmöntalteenottojärjestelmällä varustettu kone toimistotiloille sekä ilmavirralla 2 m<sup>3</sup>/s ja levylämmönsiirtimellä

varustettu kone tiloille, joissa ei haluta tulo- ja poistoilmavirtojen sekoittuvan yhtään. Nämä tiedot valitaan koneen kohdalta alasvetovalikosta.

Laskuriin on syötetty mitat luvussa 4.1 Ilmanvaihtokoneet mitoitetuista ilmanvaihtokoneista, jolloin se laskee mittojen keskiarvon eri valmistajien koneiden kesken.

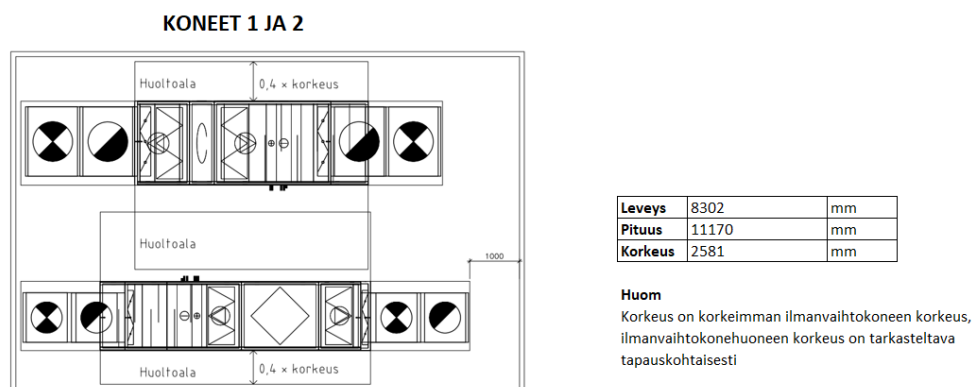
Kone 1		
Ilmavirta	4	m <sup>3</sup> /s
LTO	Pyörivä	
Pinta-ala	57,0	m <sup>2</sup>
Pituus	10070	mm
Leveys	5662	mm
Korkeus	2581	mm
Kanava	1000	mm

Kone 2		
Ilmavirta	2	m <sup>3</sup> /s
LTO	Levy	
Pinta-ala	35,3	m <sup>2</sup>
Pituus	9625	mm
Leveys	3661	mm
Korkeus	2351	mm
Kanava	800	mm

Kone 3		
Ilmavirta	0	m <sup>3</sup> /s
LTO		
Pinta-ala	0	
Pituus	0	
Leveys	0	
Korkeus	0	mm
Kanava	0	mm

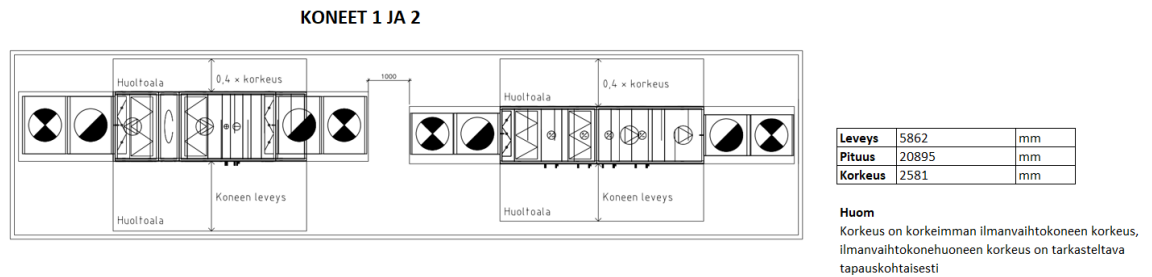
Kuva 12. Ilmanvaihtokoneiden mitoitus Excel-työkalulla

Ilmanvaihtokoneiden valinnan jälkeen laskurista saadaan koneiden tilanvaraus erilaisissa ilmanvaihtokonehuoneratkaisuissa. Tässä tapauksessa on kaksi konetta valittuna, ja voidaan tarkastella kuvissa 13 ja 14 esitettyjä ratkaisuja ja niiden mittoja.



Kuva 13. Mitoitusohjelman ratkaisu nro. 1



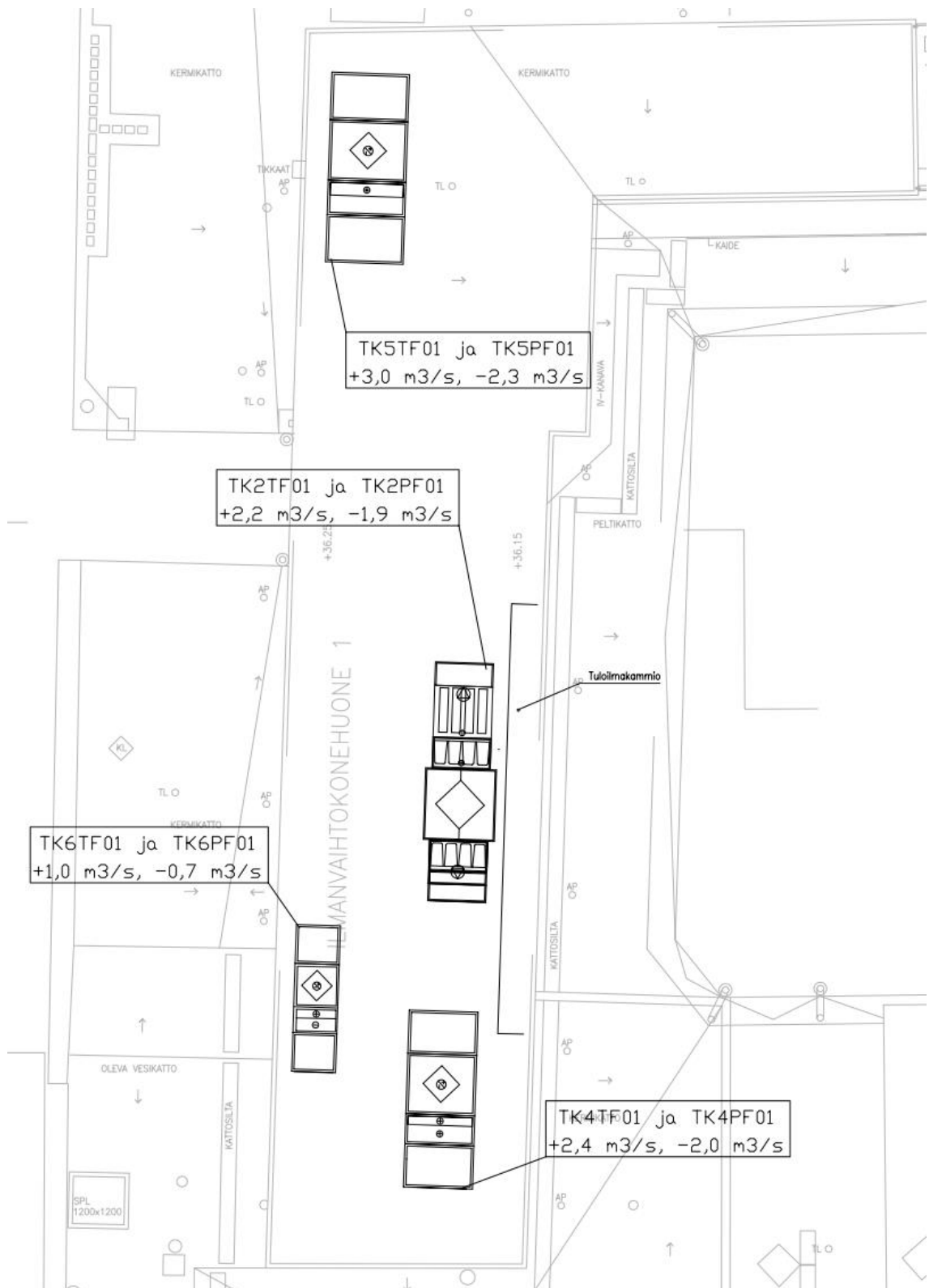


Kuva 14. Mitoitusohjelman ratkaisu nro. 2

Laskurin tulokset kertovat ilmanvaihtokoneiden vaatimat huolto- ja kanavointipinta-alat. Tapauskohtaisesti tulee aina huomioida myös muut ilmanvaihtokonehuoneeseen sijoitettavat laitteet. Laskurista saadaan valituista ilmanvaihtokoneista korkeimman korkeus. Ilmanvaihtokonehuoneen korkeus on huomioitava tapauskohtaisesti.

## 6.2 Esimerkkikohde 2, Mallinnettujen ilmanvaihtokoneiden hyödyntäminen suunnittelussa

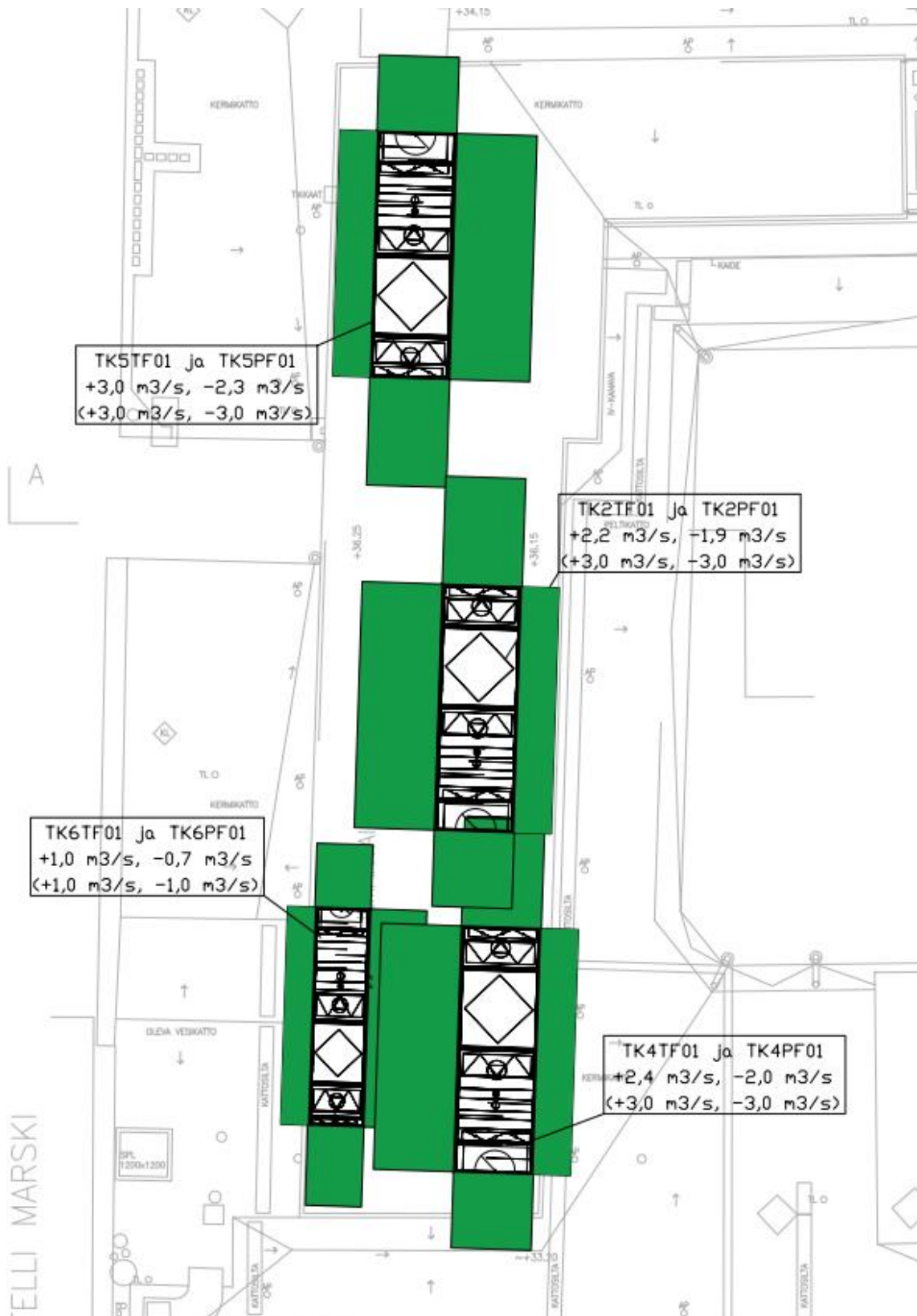
Esimerkkikohteessa 1880-luvulla rakennettuun toimitilarakennukseen uusitaan ilmanvaihtokoneet. Uusien ilmanvaihtokoneiden sopivuutta ilmanvaihtokonehuoneeseen voidaan tarkastella siirtämällä mallinnettuja koneita pohjapiirustukseen ilmanvaihtokonehuoneen päälle. Esimerkissä tarkastellaan ilmanvaihtokonehuonetta 1.



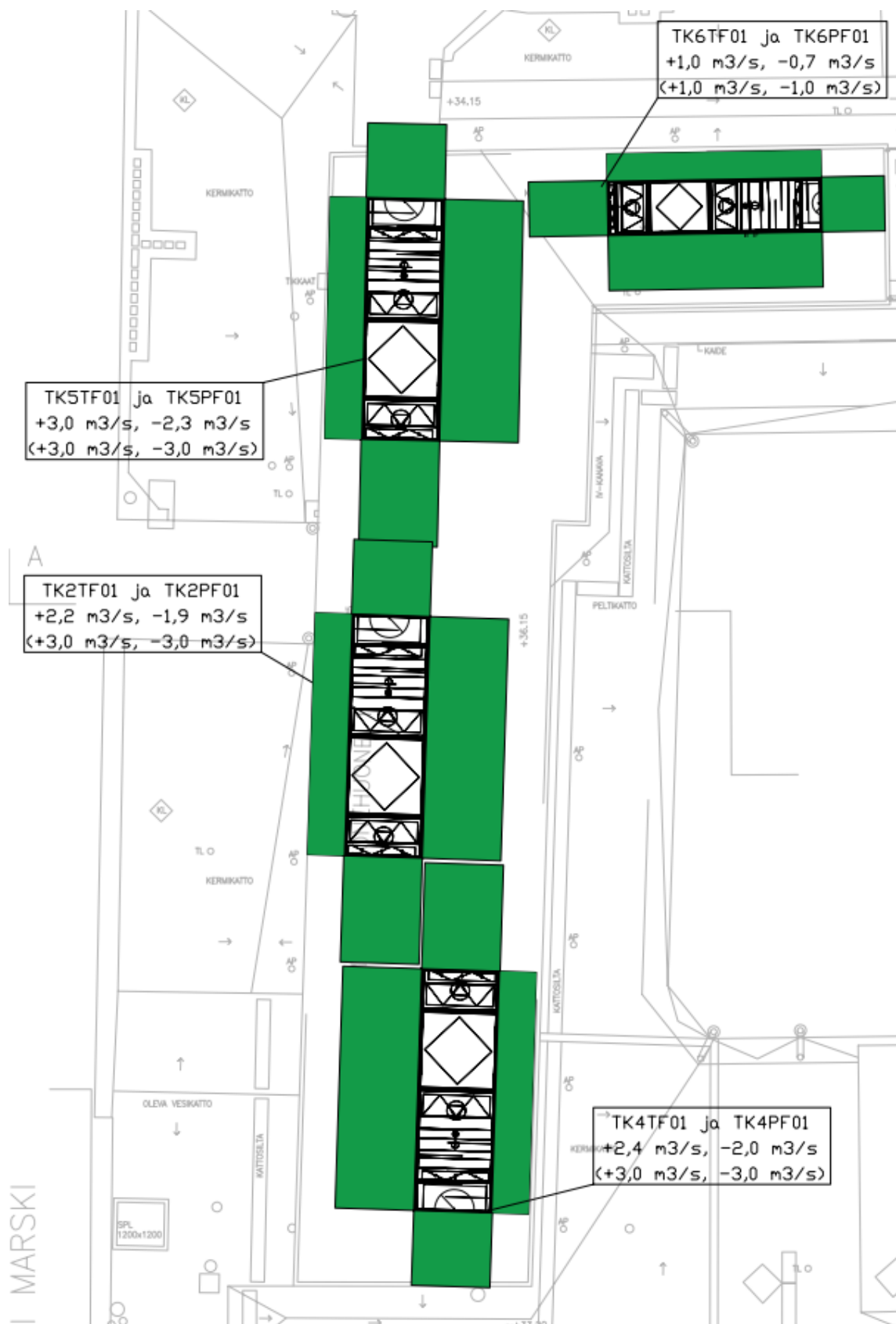
Kuva 15. Esimerkkikohteen 2 nykytilanne

Kuvasta 15 voidaan todeta, että nykytilanteessa ilmanvaihtokoneilla on koneen edessä koneen levyinen huoltoala, mutta koneen takana huoltotilaa ei ole nykymääräyksien mukaisesti. Uusien ilmanvaihtokoneiden sopivuutta ilmanvaihtokonehuoneeseen tarkastellaan siirtämällä mallinnetut koneet vanhojen ilmanvaihtokoneiden paikoille, sekä lisäksi tarkastellaan siirtämällä uudet ilmanvaihtokoneet uusille paikoille.

Uudet ilmanvaihtokoneet tulevat samalla lämmöntalteenottojärjestelmällä, kuin nykyiset. Ilmanvaihtokoneen koko valittiin siten, että se on seuraavaksi suurempi koko kuin nykyiset ilmavirrat vaativat. Kuvissa 16 ja 17 suluissa olevat ilmavirrat ovat ilmanvaihtokoneen mitoitusilmavirtoja.



Kuva 16. Esimerkkikohde 2. Uudet ilmanvaihdonkoneet vanhojen koneiden paikoilla.



Kuva 17. Esimerkkikohde 2. Uudet ilmanvaihtokoneet uusilla paikoilla.

Kuvasta 16 nähdään, että uudet ilmanvaihtokoneet mahtuvat ilmanvaihtokonehuoneeseen ja ilmanvaihtokoneen leveyden mittainen huolto-ala pystytään jättämään koneen eteen. Huoltoalaa ilmanvaihtokoneen taakse ei pystytä järjestämään kaikille koneille. Tähän ratkaisuna on joko etsiä valmistajilta erimallisia koneita tai tutkia onko koneentakaisen huoltoalan olemassaolo välttämätöntä kyseiselle konetyypille. Kanavointien optimaalinen tilavaraus ei täyty kaikilla koneilla, minkä vuoksi kanavointien tarkat sijainnit ja tilavaraukset tulee tarkastella kohteessa käymällä.

Kuvassa 17 uudet ilmanvaihtokoneet on sijoitettu uusille sijainnille siten, että koneiden huolto- ja kanavointialat on huomioitu mahdollisimman hyvin. Teoriassa tämä ratkaisu voi vaikuttaa hyvin toimivalta, mutta kanavoinnit, kuilut ja muut ilmanvaihtokonehuoneen järjestelyyn vaikuttavat tekijät voivat tehdä tämän mahdottomaksi. Kanavointien reititykset sekä ilmanvaihtokoneiden sijainnit saneerauskohteissa tulee tutkia aina kohteessa paikan päällä.

## **7 Yhteenveto**

Opinnäytetyössä luotiin työkalu ilmanvaihtokonehuoneen pohjaratkaisun suunnittelun tueksi. Työkalun avulla pystytään tarkastelemaan erilaisten ilmanvaihtokoneiden tilantarpeita ilmanvaihtokonehuoneen pohjapiirustuksessa sekä samoilla lähtötiedoilla mitoitettuja ilmanvaihtokoneita pystytään vertailemaan eri valmistajien kesken. Lisäksi luotiin Excel-työkalu, jonka avulla pystytään tarkastelemaan eri ilmanvaihtokoneiden tilavarauksia yleisimmissä ilmanvaihtokonehuoneratkaisuissa.

Työkalua ei ole vielä käytetty toteutuneissa kohteissa, joten sen parhaita ja huonoimpia ominaisuuksia ei voida määritellä. Kuitenkin luvun 6.2 esimerkkikohteessa 2 ilmanvaihtokoneet on kuntoarvion mukaan suositeltavaa saneerata seuraavan 5 vuoden aikana, joten tehtyä työkalua voi hyödyntää siinä. Tarkoituksena on lisäksi käyttää työkalua mahdollisuuksien mukaan tulevilla Granlund Oy:n ilmanvaihtokonehuoneen suunnitteluun liittyvissä projekteissa.

Työkalussa ei määritetä ilmanvaihtokonehuoneen korkeutta. Vaikka korkeus on tärkeä tieto siinä missä muutkin tilavarauksien määritelmät, siihen vaikuttavia asioita on niin useita, ettei sitä pysty järkevästi laskuriin liittämään. Esimerkiksi katon muodot, kanta-

vat rakenteet sekä kanavointien määrät ja sijainnit vaikuttavat niin paljon korkeuteen, että se on suunniteltava lähes aina tapauskohtaisesti.

Tulevaisuudessa mallitiedostoa kehitetään niin, että kaikille konetyypeille luodaan tilavarausobjekti, johon mahtuu jokaisen eri valmistajan ilmanvaihtokone. Tällöin valmistaja ei tarvitse valita vielä tilantarvetta määrittäessä, vaan konetyypin valinta riittää. Myös Excel-työkalua voidaan kehittää niin, että se laskee suurimman ilmanvaihtokoneen mitat tilavaraukseen, jolloin ilmanvaihtokoneen valmistaja voidaan vapaasti valita myöhemmin.

Tilavaraustyökalu perustuu pääasiassa mitoitettujen ilmanvaihtokoneiden kokoon. Tämä tarkoittaa sitä, että ilmanvaihtokoneiden kokojen muuttuessa, esimerkiksi energiamääräysten tiukentumisen johdosta, tulee työkalua päivittää uusien konekokojen mukaiseksi. Lisäksi työkalua voidaan päivittää, kun sitä on käytetty oikeassa projektissa ja saadaan arvokasta tietoa sen kehitystarpeista ja -mahdollisuuksista.

## Lähteet

- 1 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. N:o 1010/2017. 2017. Suomen säädöskokoelma. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 2 Komission asetus (EU) N:o 1253/2014, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY täytäntöönpanosta ilmanvaihtokoneiden ekologisen suunnittelun vaatimusten osalta. 2014.
- 3 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 4 Acon-mitoitusohjelma. 2018. Fläkt Woods Oy
- 5 ProUnit-mitoitusohjelma. 2018. Swegon Oy Ab
- 6 Recair-mitoitusohjelma. 2018. Recair Oy
- 7 Chillquick tekniset tiedot. 2018. Chiller Oy
- 8 Seppänen Olli; Hausen Alvar; Hyvärinen Kalevi; Heikkilä Pekka; Kaappola Esko; Kosonen Risto; Oksanen Risto; Railio Jorma; Ripatti Harri; Saari Arto; Tarvainen Kaija; Vuolle Mika. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy
- 9 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2018. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>>. Luettu 2.3.2018.
- 10 Johtopäätöksiä LVI-suunnittelijoiden haastatteluista ilmanvaihdon konehuoneen tilantarpeisiin vaikuttavista tekijöistä. 2018 Helmikuu. Granlund Oy.
- 11 Mäkinen Pekka. 2015. Ekosuunnitteluasetuksen vaikutukset lämmöntalteenottoon. Seminaarimoniste. Fläkt Woods.
- 12 LVI-suunnitteluohje. 2011. Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamisohje. Helsinki: Helsingin kaupunki.